

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-196892

(P2001-196892A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

H 0 3 H 9/25

H 0 3 H 9/25

C 5 J 0 9 7

9/145

9/145

C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-2565 (P2000-2565)

(22) 出願日 平成12年1月11日 (2000.1.11)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 樋口 天光

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 岩下 節也

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

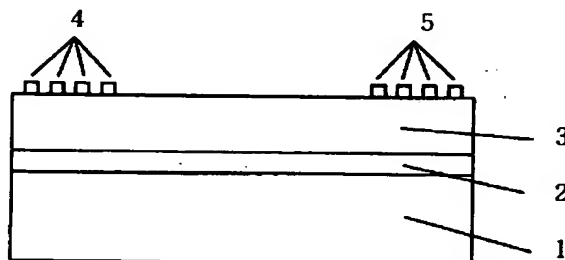
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面弾性波素子

(57) 【要約】

【課題】 KNbO_3 結晶基板は k^2 に優れるが、音速は同じペロブスカイト型酸化物である SrTiO_3 や CaTiO_3 に比べて遅く、温度特性は SiO_2 に比べて劣っており、それらを両立させることは不可能であった。またモノリシック化において重要である Si 基板上で、 $\text{Y}-\text{XKNbO}_3$ 結晶基板に相当する擬立方晶 (100) 方向にエピタキシャルさせることは不可能であった。

【解決手段】 (100) Si 基板1上に (100) 配向した NaCl 型酸化物 MO バッファ層2を介して擬立方晶 (100) 配向 $\text{K}_{1-x}\text{Na}_x\text{Nb}_{1-y}\text{Ta}_y\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y < 1$) 圧電薄膜3をエピタキシャル成長させることにより、高 k^2 化、高音速化、零温度特性を具有する表面弾性波素子を実現する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】(100)シリコン基板と、前記シリコン基板上に(100)配向したNaCl型酸化物MO(M=Mg、Ca、Sr、Ba)をバッファ層とする擬立方晶(100)配向のペロブスカイト型圧電薄膜ABO₃、および前記圧電薄膜ABO₃の直上もしくは直下にインターディジタル型電極を形成することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項2】ペロブスカイト型圧電薄膜ABO₃は、K_{1-x}Na_xNb_{1-y}Ta_yO₃(0≤x≤1、0≤y<1)を含むことを特徴とする請求項1記載の表面弾性波素子。

【請求項3】バッファ層MOとペロブスカイト型圧電薄膜ABO₃の間に(100)配向したペロブスカイト型バッファ層MTiO₃(M=Ca、Sr、Ba)を有することを特徴とする請求項1記載の表面弾性波素子。

【請求項4】ペロブスカイト型圧電薄膜ABO₃の上に、二酸化珪素層を有することを特徴とする請求項1記載の表面弾性波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報通信分野に用いられる表面弾性波素子に関し、特に圧電薄膜を用いた表面弾性波素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】携帯電話などの移動体通信を中心とした通信分野の著しい発展に伴い、表面弾性波素子の需要が急速に拡大している。表面弾性波素子の開発の方向としては、小型化、高効率化、高周波化の方向にあり、そのためには、より大きな電気機械結合係数(以下 k^2)、より安定な温度特性、より大きな表面弾性波伝播速度、が必要となる。例えば高周波フィルタとして用いる場合には、損失の小さく帯域幅の広い通過帯域を得るためには高 k^2 が望まれる。共振周波数を高周波化するためには、インターディジタル型電極(Inter-Digital Transducer、以下IDT)のピッチのデザインルールの限界からしても、より音速の速い材料が望まれている。さらに、使用温度領域での特性の安定化を得るためには、中心周波数温度係数(TCF)が小さいことが必要となる。

【0003】表面弾性波素子は、従来、主として圧電体の単結晶上にIDTを形成した構造が用いられてきた。圧電単結晶の代表的なものとしては、水晶、ニオブ酸リチウム(以下LiNbO₃)、タンタル酸リチウム(以下LiTaO₃)などである。例えば、広帯域化や通過帯域の低損失化が要求されるRFフィルタの場合には、 k^2 の大きいLiNbO₃が用いられる。一方、狭帯域でも安定な温度特性が必要なIFフィルタの場合は、TCFの小さい水晶が用いられる。さらに、 k^2 およびTCFがそれぞれLiNbO₃と水晶の間にあるLiTaO₃

はその中間的な役割を果たしている。ただし、 k^2 の最も大きいLiTaO₃でも、 $k^2 \sim 0.2$ 程度であった。

【0004】最近KNbO₃($a=0.5695\text{nm}$ 、 $b=0.3973\text{nm}$ 、 $c=0.5721\text{nm}$)単結晶において、大きな k^2 の値を示すカット角が見出された。Electron. Lett. Vol. 33(1997) pp. 193-194に記載されているように、0°YカットX伝播(以下0°Y-X)KNbO₃単結晶板が、 $k^2=0.53$ と非常に大きな値を示すことが計算によって予測された。さらに、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 37(1998) pp. 2929-2932に記載されているように、0°Y-XKNbO₃単結晶板が $k^2 \sim 0.5$ の大きな値を示すことが実験でも確認され、45°から75°までの回転Y-XKNbO₃単結晶基板を用いたフィルタの共振周波数が、室温付近で零温度特性を示すことが報告されている。これらの0°Y-Xを含めた回転Y-XKNbO₃単結晶板は、特開平10-65488で出願されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、これらのKNbO₃圧電単結晶基板を用いた表面弾性波素子には、以下の問題点がある。

【0006】圧電単結晶基板を用いた表面弾性波素子では、 k^2 、温度係数、音速などの特性は材料固有の値であり、カット角および伝播方向で決定される。0°Y-XKNbO₃単結晶基板は k^2 に優れるが、45°から75°までの回転Y-XKNbO₃単結晶基板のような零温度特性は室温付近において示さない。また、伝播速度は同じペロブスカイト型酸化物であるSrTiO₃やCaTiO₃に比べて遅い。このように、KNbO₃単結晶基板を用いるだけでは、高音速、高 k^2 、零温度特性を全て満足させることはできない。

【0007】そこで、何らかの基板上に圧電体薄膜を堆積し、その膜厚を制御して、音速や k^2 、温度特性を向上させることが期待される。Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 32(1993) pp. 2337-2340に記載されているようなサファイア基板上に酸化亜鉛(以下ZnO)薄膜を形成したもの、あるいはJpn. J. Appl. Phys. Vol. 32(1993) pp. L745-L747に記載されているようなサファイア基板上にLiNbO₃薄膜を形成したものなどが挙げられる。従って、KNbO₃についても、基板上に薄膜化して、諸特性を全て向上させることが期待される。その場合、シリコン(以下Si)基板上に積層する構造が実現できれば、製造コストの低減および他の電子デバイスとのモノリシック化による小型化の実現などの意味において、大変有用である。

【0008】さらに圧電薄膜としては、その k^2 、温度特性を引き出すために最適な方向に配向することが望ましく、リーキー波伝播に伴う損失をなるべく小さくする

ためには、平坦で緻密なエピタキシャル膜であることが望ましい。ここで $k^2 \sim 0.5\%$ の $Y-XKNbO_3$ は、擬立方晶(100)に相当し、 $k^2 \sim 0.1\%$ の $90^\circ Y-XKNbO_3$ は、擬立方晶(110)に相当する。しかしながら、汎用的な基板である(100)Si基板上に $KNbO_3$ をエピタキシャル成長させることは従来不可能であった。

【0009】そこで本発明は、Si基板上に擬立方晶(100) $KNbO_3$ をエピタキシャル成長させ、高周波化に対応でき k^2 が高く温度特性も良い薄膜を用いた表面弾性波素子を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の表面弾性波素子は、(100)Si基板と、前記Si基板上に(100)配向したNaCl型酸化物MO($M=Mg, Ca, Sr, Ba$)をバッファ層とする擬立方晶(100)配向のペロブスカイト型圧電薄膜 ABO_3 、および前記圧電薄膜 ABO_3 の直上もしくは直下にIDTを形成することを特徴とする。

【0011】上記構成によれば、(100)Si基板上にペロブスカイト型圧電薄膜 ABO_3 の平坦で緻密なエピタキシャル膜が得られるので、リーキー波伝播に伴う損失を低減させるという効果を有する。

【0012】請求項2記載の表面弾性波素子は、請求項1記載の表面弾性波素子のペロブスカイト型圧電薄膜 ABO_3 において、 $K_{1-x}Na_xNb_{1-y}Ta_yO_3$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y < 1$)を含むことを特徴とする。

【0013】上記構成によれば、 k^2 が0.5まで向上するという効果を有する。

【0014】請求項3記載の表面弾性波素子は、請求項1記載の表面弾性波素子において、バッファ層MOとペロブスカイト型圧電薄膜 ABO_3 の間に(100)配向したペロブスカイト型バッファ層 $MTiO_3$ ($M=Ca, Sr, Ba$)を有することを特徴とする。

【0015】上記構成によれば、ペロブスカイト型圧電薄膜 ABO_3 だけの場合に比べて表面波の音速が増大するという効果を有する。

【0016】請求項4記載の表面弾性波素子は、請求項1記載の表面弾性波素子において、ペロブスカイト型圧電薄膜 ABO_3 の上に、二酸化珪素(以下 SiO_2)層を有することを特徴とする。

【0017】上記構成によれば、 SiO_2 の影響により、素子の温度特性が安定化するという効果を有する。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0019】(実施例1)図1は本発明の表面弾性波素子の第1の実施例を示す図である。

【0020】 SrO ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 $700^\circ C$ 、酸素分圧 1×10^{-6}

Torrの条件で、Si基板1上にNaCl構造の SrO バッファ層2を $20nm$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0021】次に、 $KNbO_3$ ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 $700^\circ C$ 、酸素分圧 $3mTorr$ の条件で、 SrO バッファ層2上にペロブスカイト型 $KNbO_3$ 圧電層3を $4\mu m$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0022】さらに、金属アルミニウムを蒸着後、レジスト塗布、露光、ドライエッチング、レジスト除去によるパターンニングの連続プロセスを行い、 $KNbO_3$ 圧電層3上にIDT電極4、5を形成した。

【0023】得られた表面弾性波素子は、擬立方晶指数表示した場合、膜面に垂直方向に(100) $KNbO_3$ / (100) SrO / (100)Si、面内で $[110]KNbO_3$ / $[100]SrO$ / $[100]Si$ のエピタキシャル膜であった。

【0024】得られた表面弾性波素子について、IDT電極4、5の間での表面弾性波の遅延時間 V_{open} から求めた音速は $4000m/s$ であった。IDT電極4、5の間を金属薄膜で覆った場合の表面弾性波の遅延時間 V_{short} との差から求めた k^2 は0.5であった。一方、イットリア安定化ジルコニア(YSZ)をバッファ層に用いて、(100)Si基板上に擬立方晶(110)配向させた $KNbO_3$ からなる表面弾性波素子では、音速 $4000m/s$ は同じであるが、 k^2 は0.1と小さくなり、擬立方晶(100)配向によって k^2 が改善することが明らかとなった。

【0025】また、 SrO の代わりに MgO, CaO, BaO のいずれかをバッファ層に用いた場合も同様の効果が得られた。さらに、 $KNbO_3$ の代わりに固溶体 $K_{1-x}Na_xNb_{1-y}Ta_yO_3$ ($0 < x \leq 1, 0 < y < 1$)を圧電薄膜に用いた場合も同様の効果が得られた。なお、IDT電極を圧電薄膜の下に形成した場合も同様な効果が得られた。

【0026】上述のように、NaCl型酸化物MO($M=Mg, Ca, Sr, Ba$)バッファ層を用いてSi基板上に擬立方晶(100)配向 $K_{1-x}Na_xNb_{1-y}Ta_yO_3$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y < 1$)圧電薄膜を堆積することにより、 k^2 を向上させることが可能となる。

【0027】(実施例2)図2は本発明の表面弾性波素子の第2の実施例を示す図である。

【0028】 CaO ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 $700^\circ C$ 、酸素分圧 1×10^{-6} Torrの条件で、Si基板11上にNaCl構造の CaO バッファ層12を $20nm$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0029】次に、 $CaTiO_3$ ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 $700^\circ C$ 、酸素分圧 $3mTorr$ の条件で、 CaO バッファ層12上にペ

ロブスカイト型 CaTiO_3 バッファ層13を $2\mu\text{m}$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0030】次に、 KNbO_3 ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 700°C 、酸素分圧 3mTorr の条件で、 CaTiO_3 バッファ層13上にペロブスカイト型 KNbO_3 圧電層14を $2\mu\text{m}$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0031】さらに、金属アルミニウムを蒸着後、レジスト塗布、露光、ドライエッチング、レジスト除去によるパターニングの連続プロセスを行い、 KNbO_3 圧電層14上にIDT電極15、16を形成した。

【0032】得られた表面弾性波素子は、擬立方晶指数表示した場合、膜面に垂直方向に $(100)\text{KNbO}_3/(100)\text{CaTiO}_3/(100)\text{SrO}/(100)\text{Si}$ 、面内で $[110]\text{KNbO}_3/[110]\text{CaTiO}_3/[100]\text{SrO}/[100]\text{Si}$ のエピタキシャル膜であった。

【0033】得られた表面弾性波素子について、IDT電極15、16の間での表面弾性波の遅延時間 V_{open} から求めた音速は 5000m/s であった。IDT電極15、16の間を金属薄膜で覆った場合の表面弾性波の遅延時間 V_{short} との差から求めた k^2 は 0.45 であった。これは、実施例1で実施した表面弾性波素子に比べ、 k^2 はそれほど低下しないものの、音速は 4000m/s から 5000m/s へと大きな向上が見られた。

【0034】また、 CaO の代わりに MgO 、 SrO 、 BaO のいずれかをバッファ層に用いた場合も同様の効果が得られた。そして、 CaTiO_3 の代わりに SrTiO_3 、 BaTiO_3 のいずれかをペロブスカイト型バッファ層に用いた場合も同様の効果が得られた。さらに、 KNbO_3 の代わりに固溶体 $\text{K}_{1-x}\text{Na}_x\text{Nb}_{1-y}\text{Ta}_y\text{O}_3$ ($0 < x \leq 1$, $0 < y < 1$)を圧電薄膜に用いた場合も同様の効果が得られた。なお、IDT電極を圧電薄膜の下に形成した場合も同様な効果が得られた。

【0035】上述のように、 NaCl 型酸化物 MO ($\text{M}=\text{Mg}$ 、 Ca 、 Sr 、 Ba) バッファ層とペロブスカイト型バッファ層 MTiO_3 ($\text{M}=\text{Ca}$ 、 Sr 、 Ba)を用いて Si 基板上に擬立方晶 (100) 配向 $\text{K}_{1-x}\text{Na}_x\text{Nb}_{1-y}\text{Ta}_y\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y < 1$)圧電薄膜を堆積することにより、音速を向上させることが可能となる。

【0036】(実施例3)図3は本発明の表面弾性波素子の第3の実施例を示す図である。

【0037】 SrO ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 700°C 、酸素分圧 $1 \times 10^{-6}\text{Torr}$ の条件で、 Si 基板21上に NaCl 構造の SrO バッファ層22を 20nm 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0038】次に、 KNbO_3 ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 700°C 、酸素分圧 3mTorr の条件で、 SrO バッファ層22上にペロブスカイト型 KNbO_3 圧電層23を $2\mu\text{m}$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0039】さらに、金属アルミニウムを蒸着後、レジスト塗布、露光、ドライエッチング、レジスト除去によるパターニングの連続プロセスを行い、 KNbO_3 圧電層23上にIDT電極24、25を形成した。

【0040】最後に、 SiO_2 ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 25°C 、酸素分圧 3mTorr の条件で、 SiO_2 層26を $2\mu\text{m}$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。また SiO_2 層は Li_2O 、 MgO 、 Al_2O_3 を含んでもよい。

【0041】得られた表面弾性波素子は、擬立方晶指数表示した場合、膜面に垂直方向に $(100)\text{KNbO}_3/(100)\text{SrO}/(100)\text{Si}$ 、面内で $[110]\text{KNbO}_3/[100]\text{SrO}/[100]\text{Si}$ のエピタキシャル膜であった。また SiO_2 層はアモルファスであった。得られた表面弾性波素子について、IDT電極24、25の間での表面弾性波の遅延時間 V_{open} から求めた音速は 4000m/s であった。IDT電極24、25の間を金属薄膜で覆った場合の表面弾性波の遅延時間 V_{short} との差から求めると、 k^2 は 0.45 となった。一方、室温で $\text{TFCF} \sim 0\text{ppm}/^\circ\text{C}$ であった。これは KNbO_3 層の負の TFCF 値と SiO_2 層の正の TFCF 値が相殺するためである。従って、 k^2 の高い 0°Y-XKNbO_3 基板に相当する配向方向でありながら、 45° から 75° までの回転 Y-XKNbO_3 基板に相当するような $\text{TFCF} \sim 0\text{ppm}/^\circ\text{C}$ を実現できた。

【0042】また、 SrO の代わりに MgO 、 CaO 、 BaO のいずれかをバッファ層に用いた場合も同様の効果が得られた。そして、 KNbO_3 の代わりに固溶体 $\text{K}_{1-x}\text{Na}_x\text{Nb}_{1-y}\text{Ta}_y\text{O}_3$ ($0 < x \leq 1$, $0 < y \leq 1$)を圧電薄膜に用いた場合も同様の効果が得られた。さらに、IDT電極を圧電薄膜の下に形成した場合も同様な効果が得られた。なお、 CaTiO_3 、 SrTiO_3 、 BaTiO_3 のいずれかからなるペロブスカイト型バッファ層を挿入することにより、音速の向上も見られた。

【0043】上述のように、 NaCl 型酸化物 MO ($\text{M}=\text{Mg}$ 、 Ca 、 Sr 、 Ba) バッファ層を用いて Si 基板上に擬立方晶 (100) 配向 $\text{K}_{1-x}\text{Na}_x\text{Nb}_{1-y}\text{Ta}_y\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y < 1$)圧電薄膜を堆積し、さらに SiO_2 層を堆積することにより、温度特性を向上させることが可能となる。

【0044】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の表面弾性波

素子によれば、Si 基板上に NaCl 型酸化物 MO パッファ層による擬立方晶 (100) 配向 ABO_3 エピタキシャル圧電薄膜、高音速のペロブスカイト型酸化物薄膜、零温度特性を示す SiO_2 薄膜を積層することにより、高 k^2 化、高音速化、零温度特性を両立させることができ、高特性の高周波フィルタ、発振器などの通信デバイスを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例を示す Si 基板上に (100) 配向 SrO パッファ層および擬立方晶 (100) 配向 $KNbO_3$ エピタキシャル薄膜を含んだ表面弾性波素子の断面図である。

【図 2】本発明の一実施例を示す Si 基板上に (100) 配向 CaO パッファ層と (100) 配向 $CaTiO_3$ ペロブスカイト型パッファ層および擬立方晶 (100) 配向 $KNbO_3$ エピタキシャル薄膜を含んだ表面弾性波素子の断面図である。

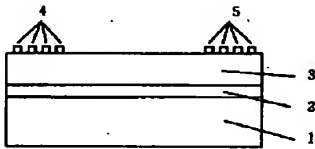
【図 3】本発明の一実施例を示す Si 基板上に (100) 配向 SrO パッファ層と擬立方晶 (100) 配向 $KNbO_3$ エピタキシャル薄膜および SiO_2 層を含んだ表

面弾性波素子の断面図である。

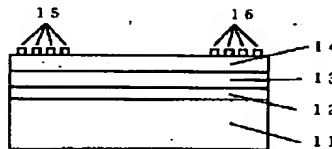
【符号の説明】

1. (100) Si 基板
2. (100) SrO パッファ層
3. (100) $KNbO_3$ 圧電層
4. IDT 電極
5. IDT 電極
11. (100) Si 基板
12. (100) CaO パッファ層
13. (100) $CaTiO_3$ パッファ層
14. (100) $KNbO_3$ 圧電層
15. IDT 電極
16. IDT 電極
21. (100) Si 基板
22. (100) SrO パッファ層
23. (100) $KNbO_3$ 圧電層
24. IDT 電極
25. IDT 電極
26. SiO_2 層

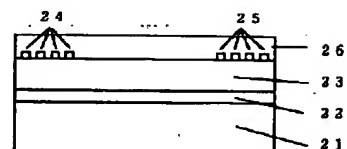
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 宮澤 弘
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5J097 AA06 AA22 FF02 FF05 HA02
HA03 KK09